

## Filmes finos de TiO<sub>2</sub> revestidos com óxido de tungstênio WO<sub>3</sub>.

Michelle Ortiz Moran<sup>1</sup>; Luana Uszacki Krüger<sup>2</sup>;  
Camila Cholant<sup>3</sup>, César O. Avellaneda<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – [miichelleortizm@gmail.com](mailto:miichelleortizm@gmail.com)

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – [luanauszacki@gmail.com](mailto:luanauszacki@gmail.com)

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – [camila.cholant@gmail.com](mailto:camila.cholant@gmail.com)

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – [cesaravellaneda@gmail.com](mailto:cesaravellaneda@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

No momento atual, o desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam o consumo de energia elétrica, assim como a maximização da eficiência energética se tornou necessidade mundial, correspondente a preocupação com o esgotamento de fontes finitas de energia e os impactos ambientais como, o aquecimento global por intermédio do efeito estufa e o aumento da incidência de radiação ultravioleta através dos buracos na camada de ozônio. (TORRESI, 2000)

Neste contexto, tecnologias que ajudem a controlar melhor a climatização e iluminação vem ganhando enorme interesse por desempenharem uma queda nos gastos energéticos. Um exemplo destas tecnologias são os vidros eletrocrônicos, dispositivos com características que podem levar à mudança de sua coloração de modo reversível em resposta a uma alteração no meio, tendo potencial de causar uma diminuição da transmissão de luz e radiação conforme o desejado. (OLIVEIRA et al., 2015)

Os dispositivos eletrocrônicos típicos normalmente são constituídos por cinco camadas, sendo elas: vidro, condutor transparente geralmente feito de óxido de estanho dopado com flúor (FTO) ou dopado com índio (ITO), filme eletrocrômico (eletrodo de trabalho), condutor iônico e um reservatório de íons (contra eletrodo). (SENTANIN et al., 2012). E para sua aprimoração, estas camadas devem ser analisadas individualmente com o propósito de se obter um dispositivo com as características desejadas.

No presente trabalho foram estudados filmes de óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e filmes de óxido de titânio revestidos com óxido de tungstênio (WO<sub>3</sub>) para combinar as vantagens de ambos os materiais a fim de potencializar suas propriedades para uma possível aplicação em um dispositivo eletrocrônico. Estes estudos foram efetivados através de análises eletroquímicas, como a voltametria cíclica e cronocoulometria.

### 2. METODOLOGIA

A deposição do filme de TiO<sub>2</sub> foi realizada aplicando uma pasta comercialmente obtida pela Dysol de óxido de titânio sobre uma placa de vidro recoberta por um substrato de óxido de estanho dopado com flúor (FTO) através da técnica de *Doctor Blade*. Posteriormente, o filme foi submetido a um tratamento térmico a 450 °C durante o período de 1 hora.

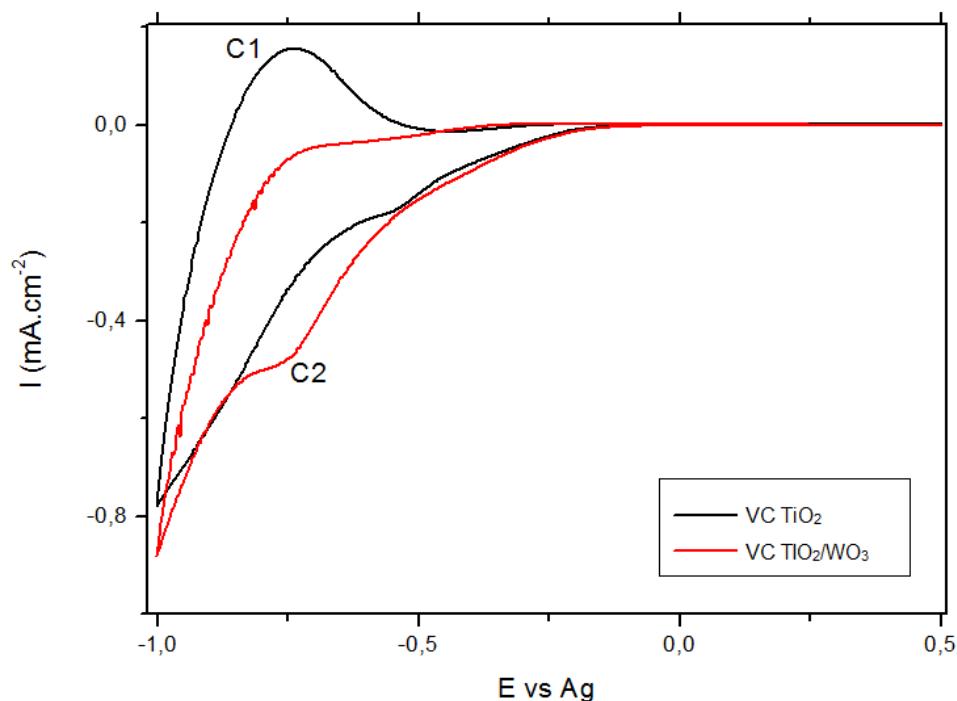
Inicialmente, a primeira camada foi composta a base de TiO<sub>2</sub> depositada com o procedimento supracitado, posteriormente, este substrato vítreo através da técnica de *dip-coating* a uma velocidade de 120mm/min foi imerso verticalmente em uma solução obtida de coloração amarela, contendo como precursor tungstênio metálico (W), solvente peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e como catalisador ácido acético

glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). O filme revestido foi tratado termicamente a 240°C durante 1 hora dando fim a preparação.

As propriedades eletroquímicas foram exploradas em um potenciómetro/galvanostato (AUTOLAB PGSTAT 302N) acoplado a uma célula eletroquímica, onde o eletrólito empregado foi o Perclorato de Lítio ( $\text{LiClO}_4$ ) de 0,1mol dissolvido em carbonato de propileno (PC) tendo como eletrodo de referência fio de prata e contra eletrodo lâmina de platina de 1cm<sup>2</sup>. As análises de voltametria cíclica foram realizadas com janela de potencial de -1V a 0,5V, com velocidade de varredura de 20mV/s. A cronocoulometria ocorreram com tempos de inserção/extração de carga de 15 segundos, 30 segundos e 60 segundos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes de voltametria cíclica foram realizados a fim de se manter uma comparação entre os filmes. Na figura abaixo são apresentadas as curvas geradas dos referidos filmes testados:



No voltamograma para o filme de  $\text{TiO}_2$  pode-se observar que a região indicada por C1 apresenta um aumento da corrente de pico anódico numa faixa de potencial de 0,75V e corrente de  $0,15 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ , relativo a reação de oxidação do óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ). Para o filme revestido ( $\text{WO}_3$ ) a região C2 mostra um aumento da corrente catódica com o potencial próximo à 0,7V e uma corrente de  $-0,5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ , relativos a reação de redução do óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e tungstênio ( $\text{WO}_3$ ).

As análises de cronocoulometria permitiram o estudo de cargas inserida/extraída dos filmes. Este processo de inserção e extração de cargas estão diretamente relacionados à coloração e descoloração do filme.

## 4. CONCLUSÕES

Após testes preliminares, concluiu-se que a camada a base de óxido de tungstênio ( $WO_3$ ) de fato teve influência sobre o filme de óxido de titânio ( $TiO_2$ ), modificando as propriedades eletroquímicas e ópticas do filme puro.

Os filmes apresentaram bom comportamento eletroquímico, comprovando o atual investimento em pesquisas relacionadas ao melhoramento das suas propriedades. Desta forma, seria interessante desenvolver novos filmes de  $TiO_2/WO_3$  com mais camadas e espessuras diferentes de forma a se perceber melhor o que acontece.

No que se refere às caracterizações morfológicas, os filmes se mostraram livres de rachaduras e homogêneos. Assim, as metodologias, bem como os procedimentos e parâmetros utilizados se mostraram adequados para a confecção dos filmes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALVÃO, J.R.; SCARMINIO, J. Fotocromismo em filmes finos de óxidos de tungstênio de diferentes composições. **Química Nova**, Brasil, v.26, n.4, p.488-492, 2003.

REYES, K.; STEPHENS, Z.D.; ROBINSON, D.B. Composite WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nanostructures for high electrochromic activity. **Sandia National Lab**, United States, 2013.

DINH, N.N.; NINH, D.H.; THAO, T.T.; VO-VAN, T. Mixed Nanostructured Ti-W Oxides Films for Efficient Electrochromic Windows. **Journal of Nanomaterials**, p.1-7, 2012.

PACHECO, W.F.; SEMAAN, F.S.; ALMEIDA, V.G.K; RITTA, A.G.S.L; AUCÉLIO, R.Q. Voltametrias: Uma Breve Revisão Sobre os Conceitos. **Revista Virtual de Química**, Brasil, v.5, n.4, p.516-537, 2013.

BI, Z.; LI, X.; CHEN, Y.; XU, X.; ZHANG, S.; ZHU, Q. Bi-functional flexible electrodes based on tungsten trioxide/zinc oxide nanocomposites for electrochromic and energy storage applications. **Electrochimica Acta**, v. 227, p 61- 68. 2017.

AVELLANEDA, C.O.; BULHÕES, L.O.S.; Kinetics and thermodynamic behavior of WO<sub>3</sub> and WO<sub>3</sub>:P thin film. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v.90, p.395 – 401, 2006.

OLIVEIRA, R.S.; SEMAAN, F.S.; PONZIO, E.A. Janelas Eletrocrônicas: Uma nova era em eficiência energética. **Revista Virtual de Química**. v.7, n.1, 2015.

OLIVEIRA, S.C.; TORRESI, R.M.; TORRESI, S.I.C.; Uma visão das tendências e perspectivas em eletrocromismo: a busca de novos materiais e desenhos mais simples. **Química Nova**, v.23, n.1, p.79 – 87, Brasil, 2000.

ZEFERINO , V. H. H. **Propriedades eletroquímicas de filmes finos de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>)**. 2018. 38f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Graduação em Engenharia de Materiais, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

SENTANIN, F.C. **Desenvolvimento de janelas eletrocrônicas**. 2012. 93f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.